

Examen de fin du premier semestre Systèmes Techniques Automatisés

Préparation Technologique

Le sujet comporte deux parties indépendantes :

- Partie A : Mécanique des Solides Indéformables
- Partie B : Automatique

Les deux parties doivent être rédigées sur deux feuilles séparées.

Partie A : Mécanique des Solides Indéformables

Étude dynamique d'une pince de robot

La partie A est consacrée à l'étude cinématique et dynamique d'une pince de robot de déchargement de bouteilles. Cette pince est constituée des éléments suivants :

- un bâti (0) auquel est attaché le repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ considéré galiléen ;
- le mors (1), auquel est attaché le repère $R_1(C, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$, est une liaison pivot d'axe $(C, \vec{z}_0)$ avec le bâti (0) ;
- le mors (1'), auquel est attaché le repère $R'_1(C', \vec{x}'_1, \vec{y}'_1, \vec{z}_0)$, est une liaison pivot d'axe $(C', \vec{z}_0)$ avec le bâti (0) ;
- la bielle (2), à laquelle est attaché le repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$, est une liaison pivot d'axe $(B, \vec{z}_0)$ avec le mors (1) ;
- la bielle (2'), à laquelle est attaché le repère $R'_2(A, \vec{x}'_2, \vec{y}'_2, \vec{z}_0)$, est une liaison pivot d'axe $(B', \vec{z}_0)$ avec le mors (1') ;
- la tige du vérin (3), à laquelle est attaché le repère $R_3(A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, a deux liaisons pivots d'axe $(A, \vec{z}_0)$ respectivement avec (2) et (2') et une liaison pivot glissant d'axe $(O, \vec{x}_0)$ avec le bâti (0).

On donne :

$$\overrightarrow{OA} = \lambda \vec{x}_0 \quad ; \quad \overrightarrow{AB} = L \vec{x}_2 \quad ; \quad \overrightarrow{OC} = a \vec{x}_0 - b \vec{y}_0 \quad ; \quad \overrightarrow{BC} = c \vec{x}_1$$

$$\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{x}_0, \vec{x}'_1) \quad ; \quad \theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{x}_0, \vec{x}'_2)$$

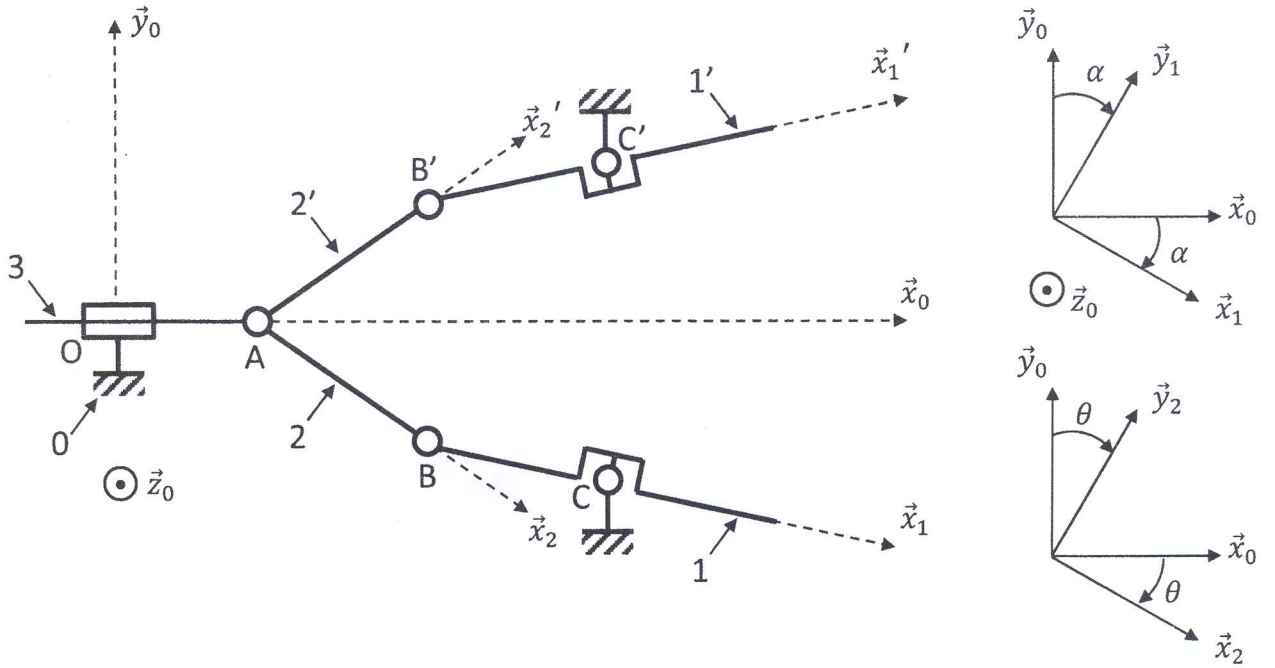


FIGURE 1 – Schéma cinématique minimal d'une pince de robot

Hypothèses

- toutes les liaisons sont supposées parfaites ;
- l'action de la pesanteur est négligée ;
- le mors (1) est caractérisé par un moment principal d'inertie I_1 par rapport à l'axe $(C, \vec{z}_0)$. Le mors (1') est identique au mors (1) ;
- les bielles (2) et (2') sont de masse négligeable ;
- la tige du vérin (3) est de masse m_3 et de centre d'inertie $G_3 \in (A, \vec{x}_0)$;
- l'action mécanique exercée par le fluide sur la tige du vérin (3) est modélisée par le torseur suivant :

$$\{\tau_{(\text{fluide} \rightarrow 3)}\}_A = \begin{Bmatrix} F_A & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)}$$

- les actions mécaniques exercées par les bielles (2) et (2') sur la tige du vérin (3) sont symétriques et modélisées par les torseurs suivants :

$$\{\tau_{(2 \rightarrow 3)}\}_A = \begin{Bmatrix} X_{23} & 0 \\ Y_{23} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)} \quad ; \quad \{\tau_{(2' \rightarrow 3)}\}_A = \begin{Bmatrix} X_{23} & 0 \\ -Y_{23} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)}$$

- le système de la pince étant plan, le torseur d'actions mécaniques transmissibles par la liaison entre les solides i et j , à son point d'application M, est noté :

$$\{\tau_{(i \rightarrow j)}\}_M = \begin{Bmatrix} X_{ij} & 0 \\ Y_{ij} & 0 \\ 0 & N_{ij} \end{Bmatrix}_{(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)}$$

I. Étude Cinématique

- I.1. Déterminer le torseur cinématique du mouvement de (1) par rapport à (0) au point C. En déduire le vecteur vitesse du point B du solide (1) dans son mouvement par rapport à (0).
- I.2. Déterminer le torseur cinématique du mouvement de (3) par rapport à (0) au point A.
- I.3. Déterminer, en fonction de $\dot{\lambda}$ et $\dot{\theta}$, le torseur cinématique du mouvement de (2) par rapport à (0).
- I.4. Écrire, par projection sur la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, le système d'équations traduisant la condition cinématique de la liaison pivot en B entre (1) et (2).
- I.5. Justifier que la loi entrée-sortie reliant $\dot{\lambda}$ et $\dot{\alpha}$ s'écrit sous la forme suivante :

$$\dot{\alpha} = \frac{\dot{\lambda} \cos \theta}{c \sin(\alpha - \theta)}$$

II. Étude dynamique

- II.1. Donner, dans la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$, la forme de la matrice d'inertie du mors (1) au point C. Justifier votre réponse.
- II.2. Déterminer le moment dynamique au point C de (1) dans son mouvement par rapport à R_0 .
- II.3. Déterminer le torseur dynamique au point A de (3) dans son mouvement par rapport à R_0 .
- II.4. Déterminer, au point A et dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, le torseur des actions mécaniques extérieures appliquées sur la tige du vérin (3).
- II.5. Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la tige du vérin (3) dans son mouvement par rapport à R_0 . En déduire les composantes Y_{03} , N_{03} et X_{23} .
- II.6. Déterminer, au point A et dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, le torseur des actions mécaniques extérieures appliquées sur la bielle (2).
- II.7. Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la bielle (2) dans son mouvement par rapport à R_0 . En déduire les composantes X_{12} , Y_{12} et Y_{23} .
- II.8. Déterminer au point C le moment dynamique de l'ensemble $E = \{1, 2, 3\}$ dans son mouvement par rapport à R_0 .
- II.9. Déterminer au point C le moment des actions mécaniques extérieures appliquées sur l'ensemble E.
- II.10. Appliquer le théorème du moment dynamique au point C sur l'ensemble E dans son mouvement par rapport à R_0 . En déduire l'équation scalaire qui en découle.
- II.11. Déterminer l'expression de F_A lorsque la tige du vérin est animée d'un mouvement de translation rectiligne uniforme.

Devoir de synthèse du premier semestre
Systèmes Techniques Automatisés (STA)

Partie B : Automatique

Date : 15/12/2021.

Durée : 1h 30mn.

Présentation

On va analyser le fonctionnement d'une boucle de régulation de débit d'un liquide. Le schéma de la boucle est donné par la figure 1.

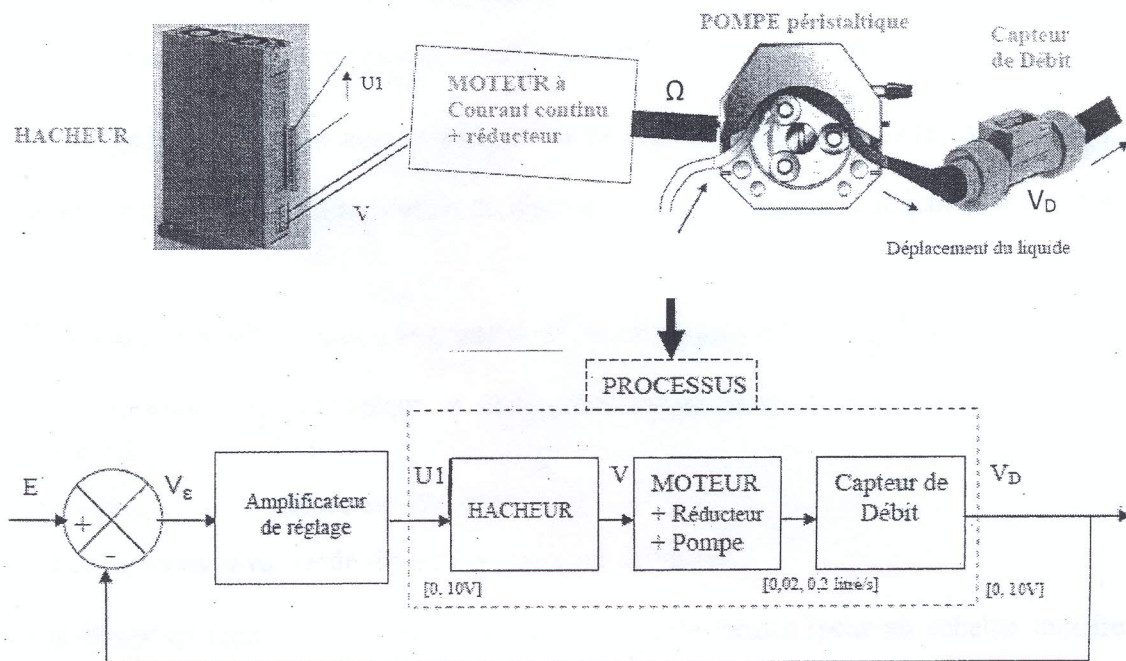


Figure 1 : Régulation de débit.

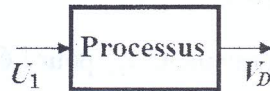
Le processus est constitué de :

- Un hacheur (tension d'entrée $U_1 \in [0, +10V]$) ;
- Un moteur à courant continu à aimants permanents commandé par sa tension d'induit (V) ;
- Un réducteur mécanique de vitesse de sortie (Ω) ;
- Une pompe péristaltique (l'axe tournant entraîne 3 galets en rotation qui écrasent un tuyau, ce qui permet le déplacement du liquide) ;
- Un capteur qui mesure le débit de liquide en sortie de la pompe. Ce capteur donne une tension de sortie $V_D \in [0, +10V]$ proportionnelle au débit de liquide $\in [0.02 \text{ litre/seconde}, 0.2 \text{ litre/seconde}]$;

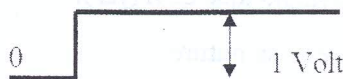
Remarque : la tension de sortie V du hacheur est décalée de façon à ce que, pour une entrée $U_1 = 0$, le moteur tourne afin d'assurer un débit minimum de 0.02 l/s . Ce décalage n'est pas représenté sur le schéma de la figure 1.

I. Identification du processus

On observe le fonctionnement du processus seul :



La tension d'entrée U_1 est la suivante dans la zone de fonctionnement linéaire :



On observe la tension $V_D(t)$ (figure 2) :

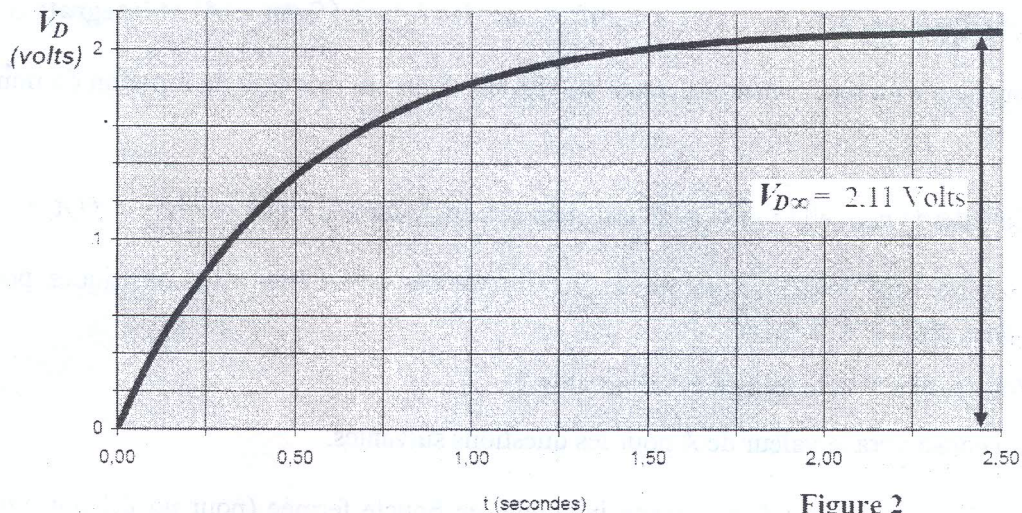


Figure 2

- 1.1) En déduire la fonction de transfert $G_1(p) = \frac{V_D(p)}{U_1(p)}$ et mesurer les paramètres caractéristiques de cette fonction de transfert. Expliquer comment sont trouvées les valeurs numériques.
- 1.2) Estimer le temps de réponse à 5% du processus et sa bande passante à -3dB.

II. Etude en boucle fermée avec amplificateur de réglage (Gain = A)

On suppose que le gain de l'amplificateur de réglage A est positif et ajustable.

On suppose par ailleurs, **pour toute la suite du problème**, que la fonction de transfert du processus est $G_1(p) = \frac{2}{1+0.5p}$

- 2.1) Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $H(p) = \frac{V_D(p)}{E(p)} = f(A)$;

Examen Final du Premier Semestre Décembre 2021

Epreuve de Conception et Fabrication Mécanique (CFM)

Préparation Technologique (PT2)

Unité de galvanisation de pylônes

Date : 17/12/2021

Heure : 8H30

Durée : 4 Heures

Documents non autorisés

MISE EN SITUATION

La Figure 1 représente une chaîne de galvanisation (protection contre l'oxydation) de pylônes métalliques (ou treillis métallique) qui consiste à déposer une couche protectrice de zinc en surface du pylône.

L'opération de galvanisation comporte les phases suivantes:

- ★ Phase de dégraissage qui consiste à immerger le pylône dans un bassin qui contient un détergent afin d'éliminer toute couche de graisse en surface provenant du procédé de fabrication.
- ★ Phase de décapage qui consiste à immerger le pylône dans un bassin contenant une solution acide afin d'éliminer la couche d'oxyde greffée en surface.
- ★ Phase de rinçage qui consiste à immerger le pylône dans un bassin d'eau afin d'éliminer toute trace d'acide en surface du pylône. L'eau de ce bassin doit être régénérée en continue.
- ★ Phase de galvanisation qui consiste à immerger le pylône dans un bassin contenant, du zinc en fusion à 450°C.
- ★ Une phase de solidification qui consiste à exposer la pièce à l'air ambiant avant stockage.

La manutention des pylônes pendant toute l'opération de galvanisation est assurée par un pont roulant.

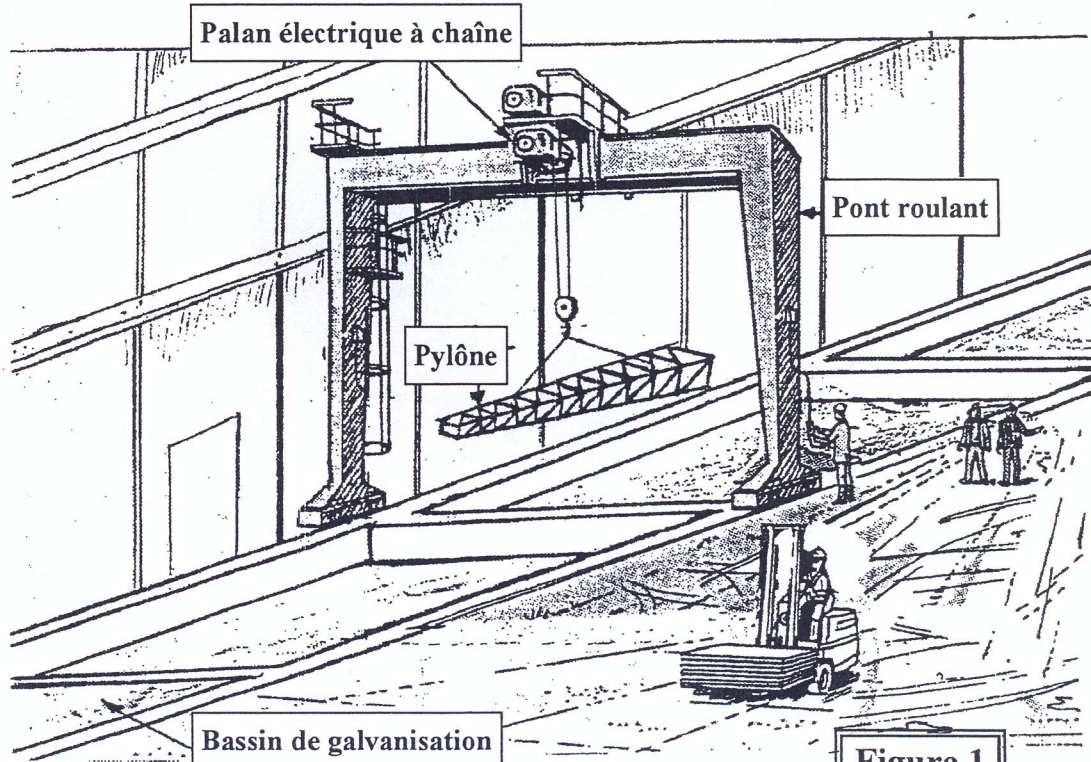


Figure 1

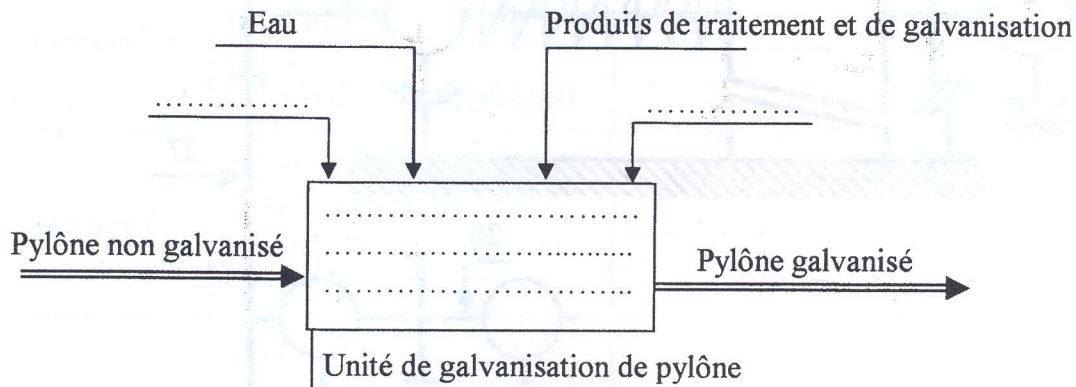
Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

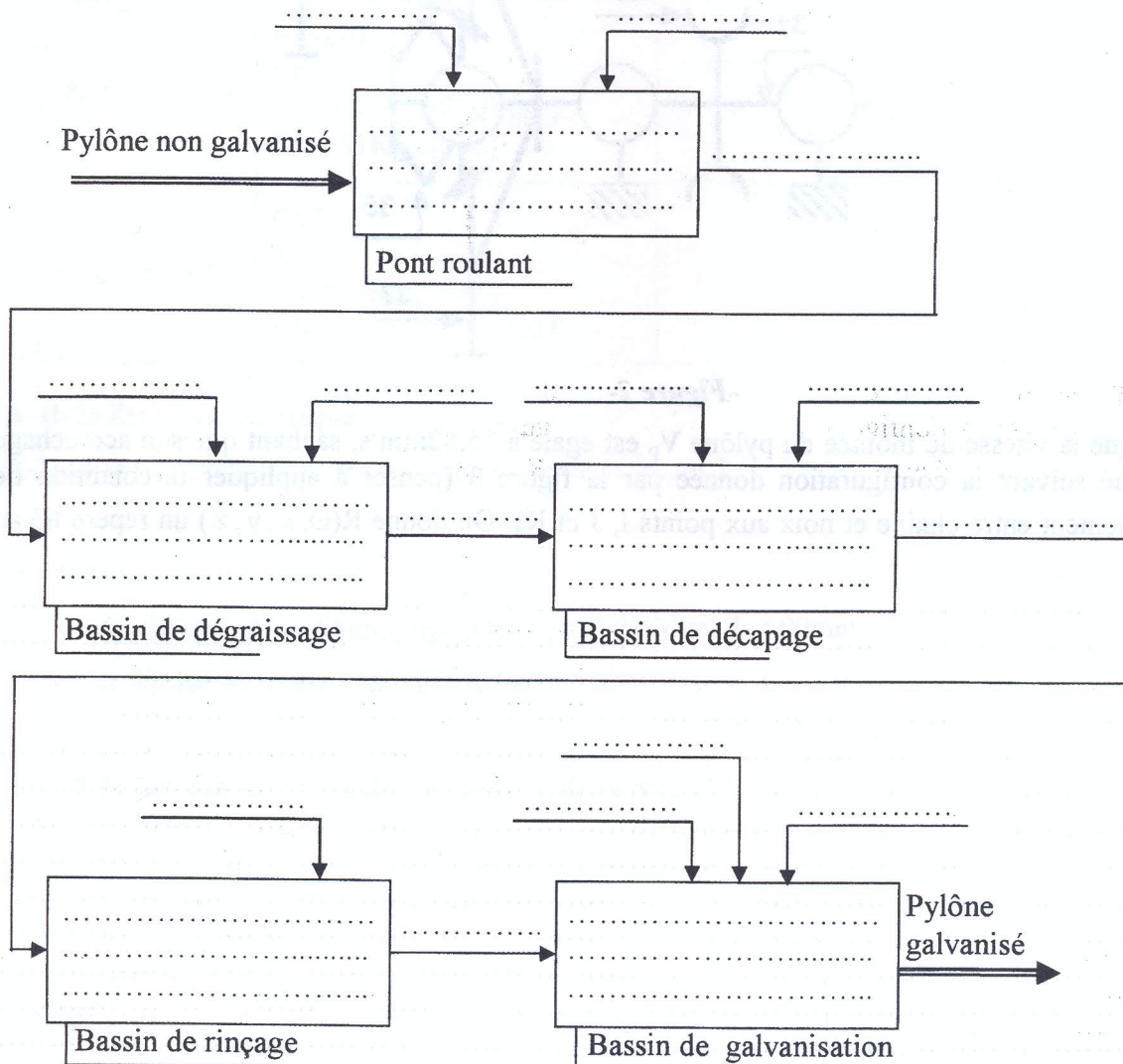
A-I) Etude de « UNITE DE GALVANISATION DE PYLONES ».

A-I-1) Analyse fonctionnelle

a) Compléter l'actigramme A-0.



b) Compléter l'actigramme A0.



A-II) Etude de la partie opérative « PALAN ELECTRIQUE À CHAÎNE ».

Le dessin d'ensemble page 7/7 représente un palan électrique à chaîne utilisé au niveau du pont roulant pour la manutention des pylônes. Le stator (9), solidaire au bâti (14) par l'intermédiaire du collier (8), est alimenté par une barrette à bornes. Le rotor (6) est en liaison encastrement avec l'arbre moteur (21) par serrage sur une partie dentelée. Le rotor (6) peut coulisser dans l'alésage de la bague (19) et dans l'alésage de la bague intérieur du roulement (16). L'alimentation du bobinage conique du moteur en courant électrique génère un champ magnétique qui provoque d'une part la translation de l'arbre moteur vers la droite et d'autre part la rotation du rotor (6). Deux couples d'engrenages à denture droite (21)/(27) et (25)/(37) assurent la transmission du mouvement à la noix (43) qui entraîne la chaîne à l'extrémité de laquelle est fixé le pylône à déplacer.

La coupure du courant électrique provoque l'arrêt du moteur et son freinage par déplacement de l'arbre (21) vers la gauche sous l'action du ressort (18). Ainsi, le rotor (6) vient en contact avec la garniture de freinage (5).

A-II-1) Etude technologique

A-II-1-1) Identifier la fonction de chacun des processeurs indiqués dans le tableau suivant.

Processeur	Fonction
Ressort (18)	
Pièce (29)	
Rondelles (35)	

A-II-1-2) Quel est le nom de l'organe constitué par les pièces (34), (35) et (37) ?

.....
.....

- Dans quel cas intervient-il ?

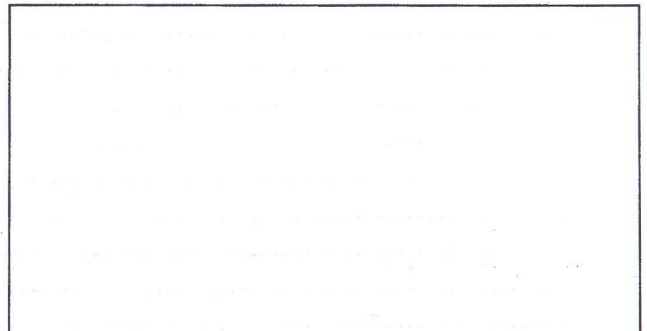
.....
.....

- Sur quelle pièce faut-il agir pour régler ses caractéristiques ?

.....
.....

A-II-1-3) Quel est le rôle de la pièce (10) ? Représenter, à main levée, la forme de cette pièce.

.....
.....
.....
.....
.....
.....



A-II-1-4) Choisir le matériau convenable pour chacune des pièces proposées dans le tableau ci-dessous en justifiant votre choix.

Pièces	Matériaux	Justification
Anneau (13)	S185 EN-GJL 350 C45 EN AW-2017[AlCu4MgSi]	..... ..... ..... .....
Garniture (5)	CW453K[CuSn8] PF21(Bakélite) EN-GJL 150 Ferodo	..... ..... ..... .....
Arbre (21)	S235 EN-GJL 150 EN AW-5754[AlMg3] 42CrMo4	..... ..... ..... .....
Rondelle (35)	EN-GJL 150 C65 EN AW-5754[AlMg3] CW453K[CuSn8]	..... ..... ..... .....
Coussinet (23)	C60 S185 CW453K[CuSn8] EN AW-5754[AlMg3]	..... ..... ..... .....

A-II-2) Etude cinématique

A-II-2-1) Compléter le schéma cinématique de la figure 2.

On donne :

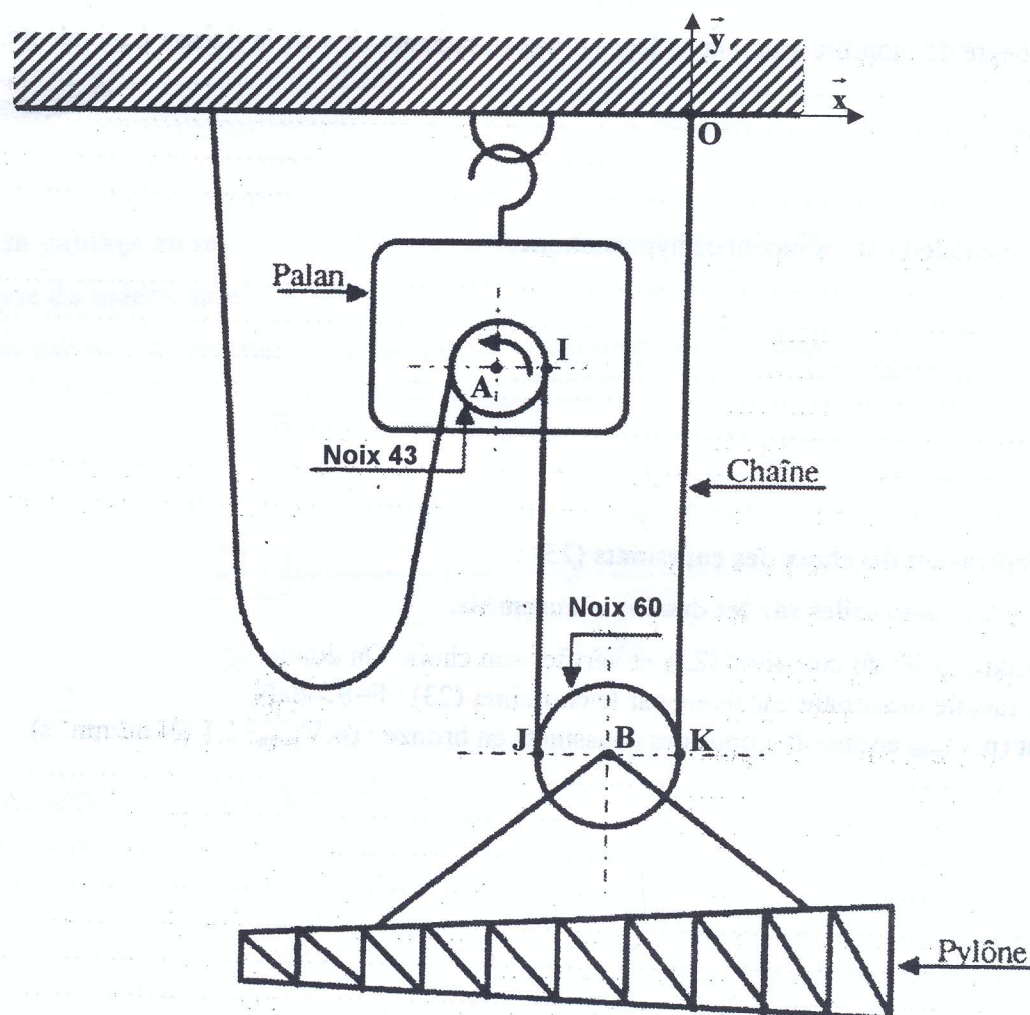
- $d_{21}=22\text{mm}$, $d_{27}=208\text{mm}$, $d_{25}=34\text{mm}$, $d_{37}=162\text{mm}$, $d_{43}=90\text{mm}$.
- la vitesse du moteur $N_m=1450\text{tr/min}$

A-II-2-2) Calculer la vitesse de rotation N_{43} de la noix (43).

[illegible]

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :



-Figure 3-

A-II-3) Dimensionnement du moteur

A-II-3-1) On donne :

- Poids du pylône : $P=500\text{daN}$
- Vitesse de montée du pylône : $V_p = 75,82\text{mm/s}$
- Rendement global de la transmission (engrenage (21)/(27), engrenage (25)/(37), noix (43)/chaîne et noix (60)/chaîne) : $\eta_g=0,7$.

Exprimer puis calculer la puissance nominale P_m du moteur.

A-II-4) Etude du frein

A-II-4-1) Calculer le couple moteur nominal C_m transmis par l'arbre moteur (21).

A-II-4-2) Pendant l'étape de freinage, le couple de freinage $C_f=C_m$, Calculer l'effort presseur nécessaire pour le freinage du mécanisme. On donne :

- rayon extérieur des surfaces frottantes : $R=68\text{mm}$
- rayon intérieur des surfaces frottantes : $r=60\text{mm}$
- demi angle au sommet du cône : $\alpha=25^\circ$
- coefficient de frottement : $f=0,3$

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

A-II-5) Etude de l'embrayage

On donne :

- Le rendement de la transmission par les deux noix (les noix (43) et (60)) et de la chaîne : $\eta_1=0,95$
- Les caractéristiques des surfaces frottantes de l'embrayage :
 - ★ rayon extérieur des surfaces frottantes : $R'=57\text{mm}$
 - ★ rayon intérieur des surfaces frottantes : $r'=47\text{mm}$
 - ★ demi angle au sommet du cône : $\alpha'=20^\circ$
 - ★ coefficient de frottement : $f'=0,1$

A-II-5-1) Sachant que la charge maximale admissible à soulever est estimé à $P_{\max}=750\text{daN}$, Calculer dans ces conditions le couple résistant admissible C_r au niveau de l'arbre (31).

.....

.....

.....

.....

A-II-5-2) Calculer dans ces conditions l'effort presseur générée par les rondelles bellevilles (35). On prendra comme couple d'adhérence $C_{ad}=C_r$.

.....

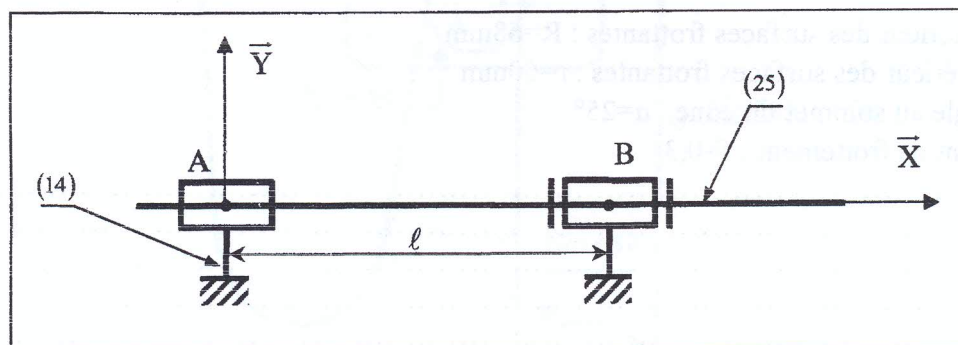
.....

.....

.....

A-II-6) Etude du guidage en rotation de l'arbre (25) par rapport au bâti (14) :**A-II-6-1) Analyse du mécanisme**

La figure 4 représente une modélisation cinématique du mécanisme de ce guidage.

**-Figure 4-**

a) Représenter le graphe des liaisons du mécanisme.

.....

.....

.....

.....

.....

b) Par une étude statique, déterminer la liaison équivalente entre l'arbre (25) et le bâti (14).

c) Déduire le degré de mobilité « m » et le degré d'hyperstatisme « h » de la liaison équivalente.

d) Identifier éventuellement les inconnus hyperstatiques.

A-II-6-2) Vérification du choix des coussinets (23) :

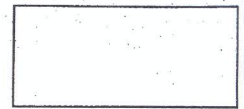
N.B. : mesurer les cotes utiles sur les dessins d'ensemble.

Calculer le produit $(p.V)$ du coussinet (23), et vérifier son choix. On donne:

- la charge radiale maximale encaissée par le coussinet (23) : $F=850\text{daN}$,
- le produit $(p.V)_{\text{adm}}$ admissible pour des coussinets en bronze : $(p.V)_{\text{adm}}=2,1 \text{ (N.m/mm}^2\text{.s)}$.

Nom :Prénom.....

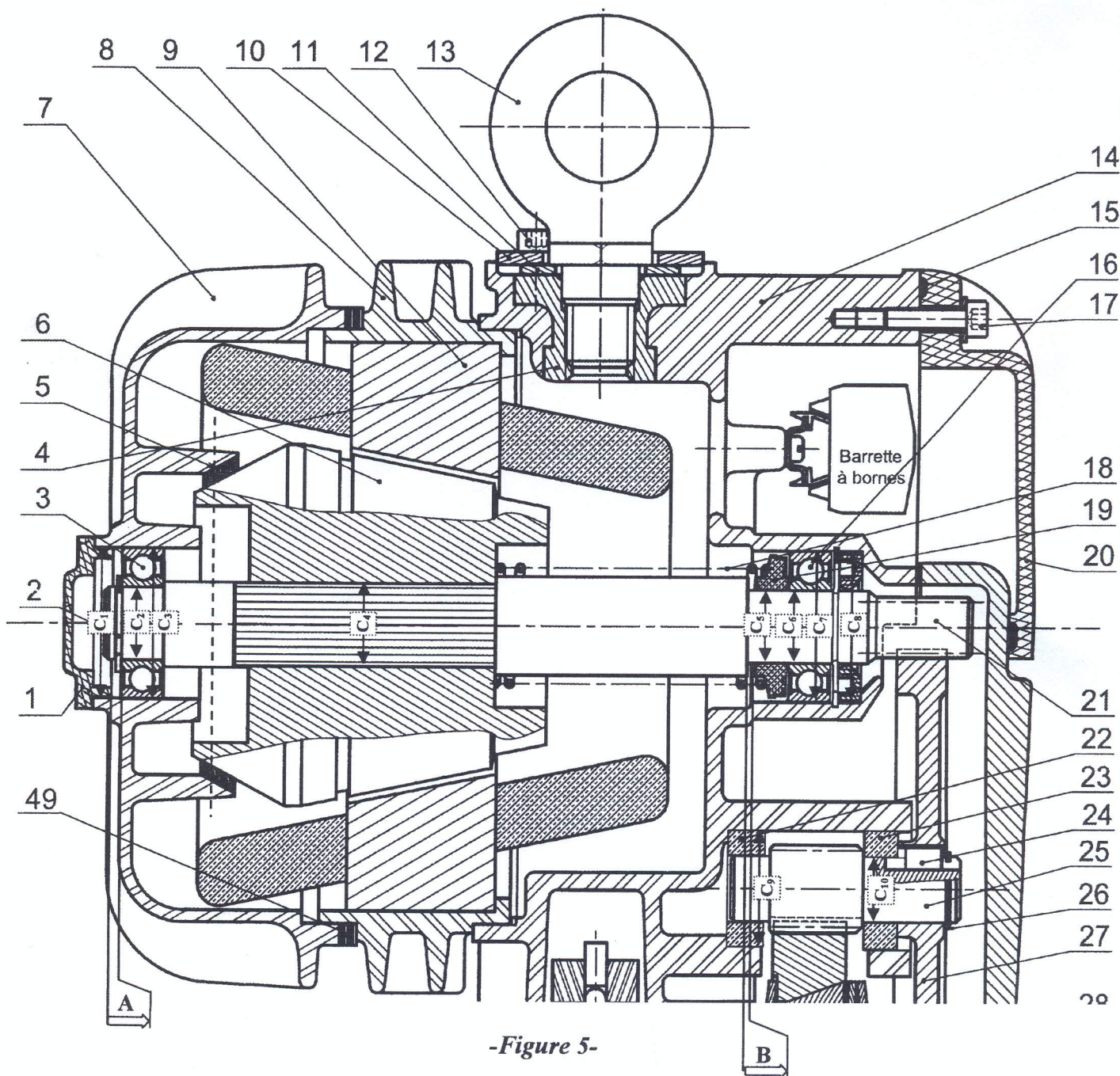
Identifiant.....Groupe.....



A-II-7) Cotation fonctionnelle

A-II-7-1) Donner les ajustements qualitatifs des assemblages Ci (figure 5)

Assemblage	Ajustement	Assemblage	Ajustement
C ₁		C ₆	.....
C ₂		C ₇	.....
C ₃		C ₈	.....
C ₄		C ₉	.....
C ₅		C ₁₀	.....



-Figure 5-

A-II-7-2) Tracer sur le dessin de la figure 5 (palan en phase de freinage) les chaînes de côtes relatives aux conditions :

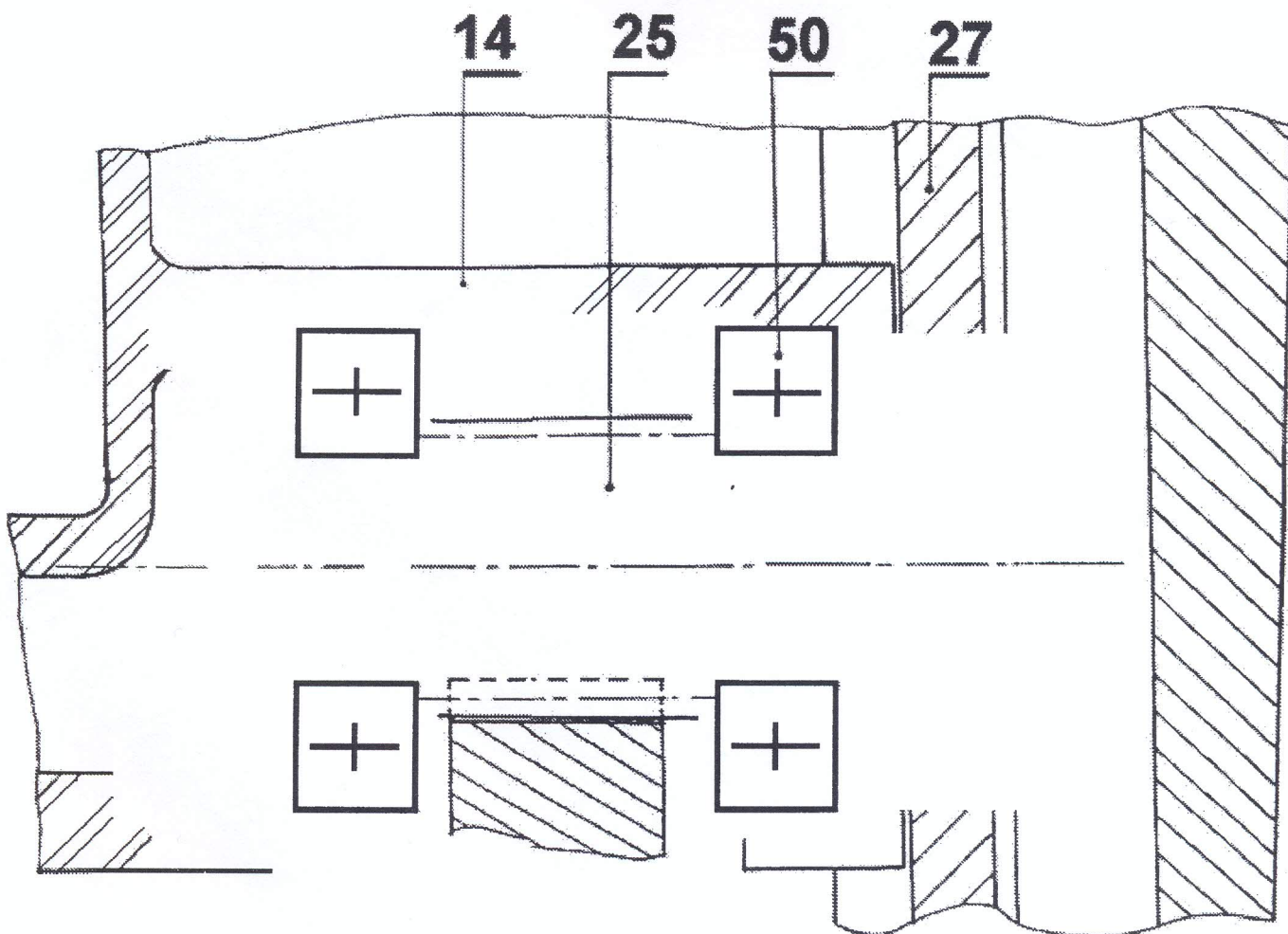
- Condition A : entre (1) et (3).
- Condition B : entre (21) et (19).

N.B. : Les pièces (7) et (5) sont considérées comme une seule pièce (7+5).

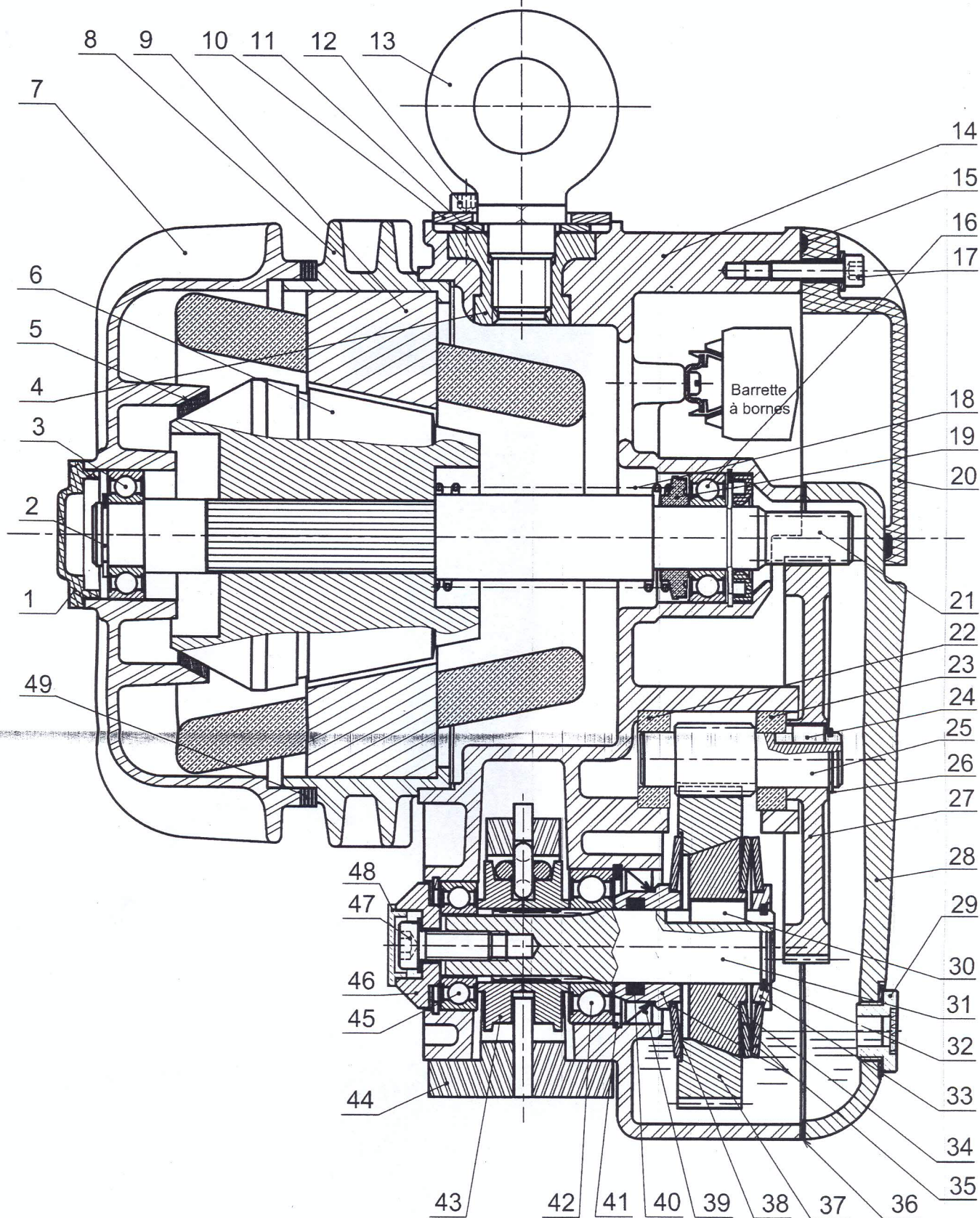
A-II-8) Etude graphique

Pour une nouvelle conception du palan électrique à chaîne, le constructeur a choisit de remplacer les coussinets (22) et (23) par deux roulements à billes à contacte radial. Compléter sur le dessin de conception de la figure 6 :

- Le montage des roulements (50),
- Le montage de la roue (27) sur l'arbre (25),
- La cotation des assemblages fonctionnels.



-Figure 6-



Page 7/7

Echelle 1:2

UNITE DE GALVANISATION DES PYLÔNES

Format A3

PALAN ELECTRIQUE A CHAÎNE